

ANALISA TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR TENAGA DI GARDU INDUK WONOGIRI



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Studi Teknik
Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Oleh:

MUHAMMAD SYAHENDRA ANINDYANTORO

D 400 140 010

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR TENAGA DI
GARDU INDUK WONOGIRI**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

MUHAMMAD SYAHENDRA ANINDYANTORO

D 400 140 010

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Umar S.T., M.T

NIK.731

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR TENAGA DI
GARDU INDUK WONOGIRI**

OLEH



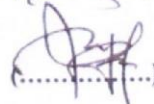
MUHAMMAD SYAHENDRA ANINDYANTORO

D 400 140 010

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari 18 Januari 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Umar, ST. MT
(Ketua Dewan Penguji)
2. Agus Supardi, ST. MT
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Aris Budiman, ST.MT
(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunariono, MT., PhD
NIK. 682

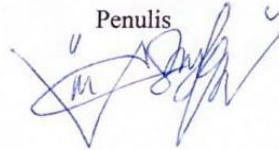
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 22 Desember 2017

Penulis



MUHAMMAD SYAHENDRA ANINDYANTORO

D 400 140 010

ANALISA TAHANAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR TENAGA DI GARDU INDUK WONOGIRI

Abstrak

Penelitian kali ini berada di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Wonogiri. Gardu induk sendiri terdapat transformator tenaga sebagai penurun tegangan digunakan untuk menyalurkan tegangan dari tegangan 150 kV diturunkan menjadi 20 kV untuk disalurkan ke distribusi atau ke konsumen. Kesempatan kali ini akan membahas tentang tahanan isolasi pada transformator. Tahanan isolasi digunakan untuk mengisolasi trafo agar trafo agar tidak terjadi panas yang dapat merusak trafo itu sendiri. Metode yang digunakan menghitung indeks polarisasi agar mengetahui apakah trafo itu masih bagus atau jelek, jika mengalami jelek maka perlu ada penanganan bisa menguji minyak maupun tangen delta. menghitung tangen delta tujuannya untuk mengukur arus bocor kapasitif pada transformator, dan yang terakhir adalah menguji minyak dilakukan untuk mengetahui minyak masih layak dipakai. Hasil perhitungan indeks polarisasi nilai yang didapat lebih dari 1,1-1,25 keadaan baik, dan apabila nilai dibawah 1,1-1,25 maka trafo perlu ada penanganan. Perhitungan tangen delta menghitung tan delta agar mengetahui apakah tangen delta masih baik, jika nilai tan delta diatas 0,5% maka tangen delta jelek dan perlu diperiksa, jika nilai 0,5% kebawah maka tan delta hasilnya bagus. Terakhir pengujian minyak hanya dilakukan mengecek keadaan minyak di suhu 30° C untuk trafo dan suhu 38° C untuk OLTC.

Kata Kunci: tahanan isolasi, indeks polarisasi trafo, tangen delta trafo, transformator tenaga.

Abstract

This research is in PT. PLN (Persero) Substation Wonogiri. The main apparatus itself has a power transformer as a voltage reducer used to distribute the voltage from a 150 kV voltage lowered to 20 kV to be distributed to the distribution or to the consumer. This time opportunity will discuss about the isolation resistance on the transformer. Insulation resistance is used to isolate the transformer so that the transformer does not occur heat that can damage the transformer itself. The method used to calculate the polarization index to determine whether the transformer is still good or ugly, if it is bad then there should be a handler can test the oil and tangent delta. calculates the delta destination tangent for measuring the capacitive leakage current in the transformer, and the last one is to test the oil done to find the oil still feasible to use. The calculation results of polarization index values obtained more than 1.1-1.25 good state, and if the value below 1.1-1.25 then the transformer needs a handler. The delta tangent calculation calculates tan delta to know if the delta tangent is still good, if the value of tan delta is above 0.5% then tan delta is ugly and needs to be checked, if the value is 0.5% down then tan delta is good. The last test of oil is only checked the state of oil at temperature of 30° C for transformer and temperature 38° C for OLTC.

Keywords: insulation resistance, transformer polarization index, tangent delta transformer, power transformer.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik sekarang semakin lama harus ditambahkan, penduduk indonesia indonesia dari tahun ke tahun mulai melakukan pembangunan seperti rumah, gedung bertingkat, dan kebutuhan sehari sehari. Tidak hanya kebutuhan pribadi melainkan kebutuhan untuk umum seperti lampu di jalan, lampu lalu lintas, dan fasilitas diberbagai tempat. Pastinya pemasokkan listrik juga harus ditambah juga. Transformator tenaga yang ada di gardu induk 20 kV 60 MVA.

Transformator adalah Transformator daya adalah suatu mesin listrik statis yang berfungsi untuk menyalurkan daya untuk menaikkan atau menurunkan tegangannya sehingga dapat menyuplai tenaga listrik secara kontinyu (Fatra. 2014). Bagian Trafo sendiri terdapat isolasi. Transformator isolasi berguna untuk mengurangi listrik Suara bising di instrumen yang sensitif di alam seperti medis instrumen dan untuk melindungi dari sengatan listrik ke orang tersebut menggunakan peralatan, untuk mengurangi distorsi harmonik, dll (N. Anthony and Manish S.Potdar. 2017). Isolasi sebagai fungsi untuk mengisolasi trafo agar trafo itu sendiri tidak terjadi panas yang dapat merusak trafo itu sendiri. Tahanan isolasi adalah arus bocor yang menembus melewati isolasi atau jalur bocor pada permukaan *external*.

Pengujian tahanan isolasi dapat dipengaruhi oleh suhu, kelembapan, dan jalur bocor atau bisa juga kotoran yang terdapat pada bushing atau isolator. Alat yang digunakan untuk mengukur tahanan isolasi dinamakan alat uji tahanan isolasi mempunyai kapasitas pengujian 500, 1000, 2500 vdc. Tahap pertama dari pengujian ini mengetahui indeks polarisasi, indeks polarisasi adalah untuk mengetahui peralatan masih layak atau tidak. Pengujian indeks polarisasi dilakukan 1 kali tahap 2 pengukuran pada menit ke-1 dengan menit ke-10. Tahap kedua pengujian tangen delta, Tujuan pengujian ini adalah untuk mengukur arus bocor kapasitif pada transformator. Pengukuran tangen delta ada berbagai macam rangkaian *Test Mode UST (C_{HL})*, *Test Mode GHT (C_{HG})*, *Test Mode GHTg (C_{HG})* (PT. PLN PERSERO, 2006). Tahap terakhir pengujian minyak. Pengujian minyak sendiri untuk mengetahui apakah kualitas minyak masih bagus atau tidak.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian

Penulis melakukan penelitian dengan metode sebagai berikut:

1. Jadwal Penelitian

Penelitian dengan judul Analisa Tahanan Isolasi Pada Transformator Tenaga di Gardu Induk Wonogiri laporan dapat diselesaikan dalam jangka waktu sekitar 4 bulan, dengan konsultasi dari pembimbing, dan *supervisor* di gardu induk.

2. Mencari Referensi

Penulis mencari referensi untuk memperdalam materi penelitian ini dari berbagai sumber yang ada untuk kelangsungan analisa.

3. Pengambilan Data

Penulis mengambil data untuk penelitian di Gardu Induk Wonogiri 150 kV. Data yang diambil tentang tahanan isolasi transformator tenaga.

4. Analisa data

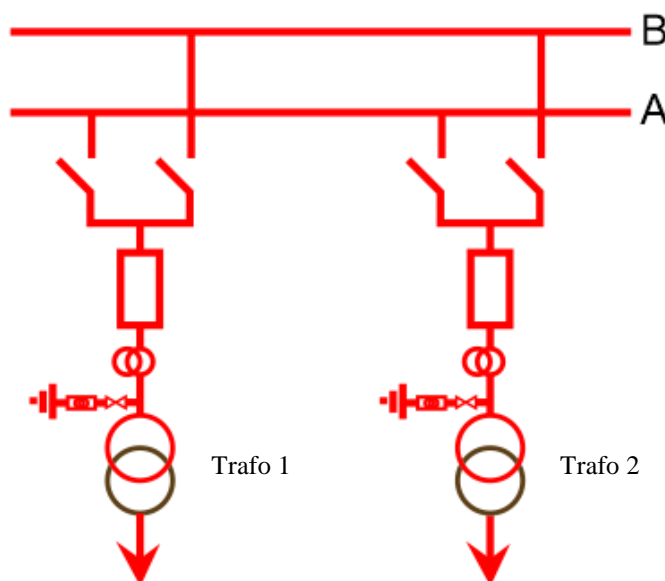
Penulis menganalisa tentang tahanan isolasi menghitung indeks polaritas, menghitung tangen delta, kapasitor yang tidak sempurna dan kualitas minyak

5. Pengujian

Penulis melakukan pengujian bertujuan untuk mengetahui nilai yang didapat dan mendapatkan hasil yang baik.

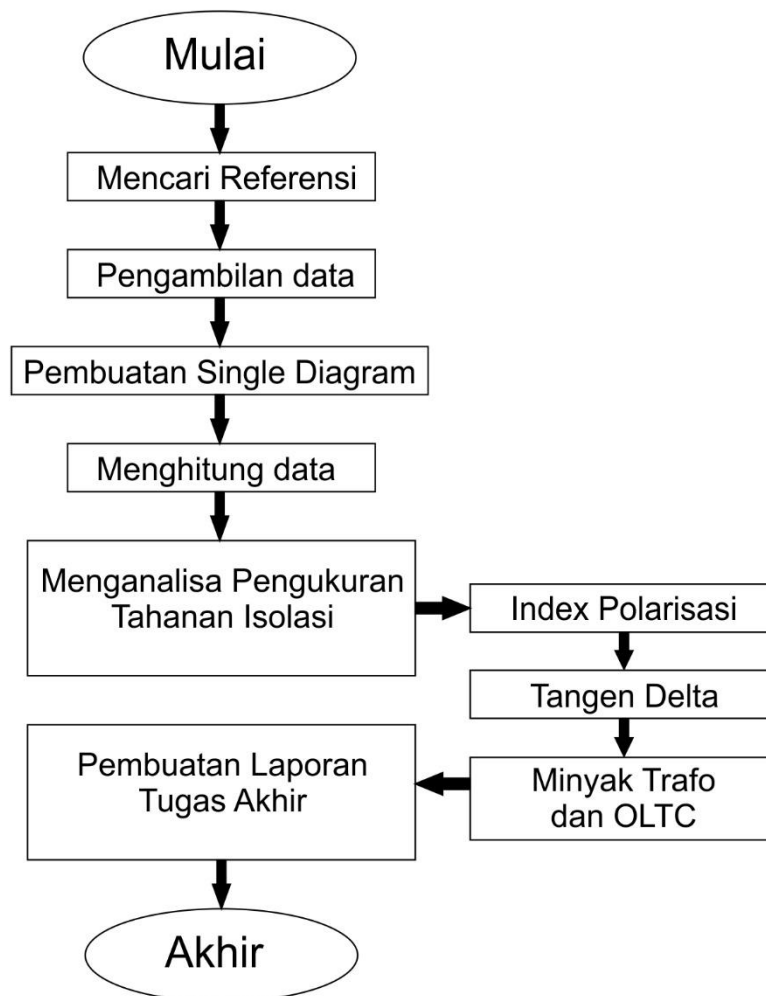
2.2 Skema *Single Line* Trafo di Gardu Wonogiri

Data pada penelitian ini diperoleh sistem kelistrikan PT. PLN (Persero) Trans JBT Area Pelaksanaan Pemeliharaan Solotigo Basecamp Surakarta di Gardu Induk Wonogiri. Berikut *single line* trafo GI Wonogiri :



Gambar 1. *Single line* kelistrikan transformator GI Wonogiri

2.3 Flowchart penelitian



Gambar 2. *Flowchart* Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan analisa tahanan isolasi dari penelitian ini meliputi Indeks Polarisasi, tangen delta, dan hasil pengujian minyak pada trafo 2 Gardu Induk Wonogiri.

3.1 Analisa Tahanan Isolasi Transformator

Pengukuran tahanan isolasi belitan adalah pengukuran yang dilakukan dari isolasi antara konduktor belitan dan inti besi pada trafo (Hargi. 2017). Tahanan isolasi bertujuan agar membatasi aliran arus antara belitan dan inti besi. Nilai yang didapat tahanan isolasi adalah semakin besar nilai Indeks polarisasi semakin bagus nilai tahananannya atau sebaliknya.

Indeks polarisasi adalah pengukuran tahanan isolasi belitan. Metode pengukuran ini dilakukan 1 kali 2 percobaan, tegangan DC *steady-state* akan diberikan setelah waktu 10 minute (R_{10}) dan 1 minute (R_1) (Hargi. 2017). Jika kita mengasumsikan R_1 dan R_{10} diukur pada temperatur akan sama untuk kedua nilai tahanan yang akan dirasiokan (Seth, Swinder Parkash. 1981).

Delta Tangen adalah metode diagnostik elektrik untuk menentukan kondisi insulasi (Badaruddin dkk, 2017). Trafo dianggap kapasitor murni. Kehilangan daya pada tangen delta karena kapasitor yang tidak sempurna. Untuk mengetahui kondisi tangen delta masih bagus menghitung *power factor correction*, semakin rendah tangen delta semakin bagus. Apabila semakin tinggi tangen delta kondisi tangen delta jelek.

Pengujian kualitas minyak standar bertujuan untuk keadaan minyak trafo yang digunakan untuk mengisolasi tegangan. Umur transformator ditentukan keadaan oleh sistem isolasinya, dan hasil pengujian dapat diketahui kondisi dari trafo itu sendiri.

3.2 Data Tahanan Isolasi

Data tahanan isolasi diambil di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Wonogiri 150 kV

1. Data Indeks Polarisasi

Tabel 1. Data indeks polarisasi

No	Aktifitas	Hasil Sebelumnya			Kondisi Akhir		
		1 Min	10 Min	IP	1 Min	10 Min	IP
1	<i>Primary-Ground</i>	502	783	1,5	525	751	1,4
2	<i>Sekundary-Ground</i>	477	672	1,4	472	687	1,5
3	<i>Tertier-Ground</i>	528	871	1,6	603	932	1,5
4	<i>Primary-Sekundary</i>	476	102	2,1	420	921	2,2
5	<i>Primary-Tertier</i>	664	141	2,1	471	1240	2,6
6	<i>Sekundary-Tertier</i>	250	710	2,8	255	713	2,8
7	<i>Primary&Sekundary-Tertier</i>	229	551	2,4	291	751	2,6
8	<i>Primary&Sekundary-Ground</i>	403	512	1,3	411	525	1,3

Perhitungan indeks polarisasi adalah sebagai berikut :

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1} \quad (1)$$

Keterangan :

IP = Indeks Polarisasi

R₁₀ = Pengujian pada menit ke-10

R₁ = Pengujian pada menit ke-1

Perhitungan indeks polarisasi diatas bisa menggunakan rumus diatas, dari data yang diperoleh dapat dilakukan perhitungan:

Perhitungan *Primary-Ground*

$$IP = \frac{783}{502} \\ = 1,6$$

Hasil Perhitungan *primary-ground* diatas menyatakan indeks polarisasi masih keadaan baik. Standar indeks polarisasi trafo adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Standar indeks polarisasi trafo

Hasil pengujian	Keterangan	Rekomendasi
<1	Berbahaya	Ditindak lanjuti
1-1,1	Jelek	Ditindak lanjuti
1,1-1,25	Di Pertanyakan	Uji kadar minyak, Uji tan delta
1,25-2	Baik	-
>2	Sangat baik	-

Standar indeks polarisasi trafo, apabila hasil pengujian dibawah 1,1-1,25 harus ditindak lanjuti apakah trafo kotor, lembab, atau sudah ada yang bocor maka perlu ditindak lanjuti, atau bisa melakukan uji kadar minyak, dan uji tan delta. Dan hasil pengujian diatas 1,1-1,25 trafo keadaan baik tidak perlu dipantau, hanya saja untuk hasil pengujian 1,1-1,25 masih perlu dipantau lagi.

2. Data tangen delta

Tabel 3. Data Tangen Delta

<i>Meas.</i>	Tegangan KV	Arus Miliampere	Daya Watt	Tan δ %	Cap pF
CH+CHL	10	34,289	1,135	0,33	11024,7

CH	10	11,726	0,4710	0,4	3770,2
CHL(UST)	10	22,538	0,6830	0,3	7246,2
CHL	10	22,563	0,664	0,3	7254,500
CL+CLT	10	55,671	2,093	0,37	17898,8
CL	10	5,658	0,3970	0,7	1819,2
CLT(UST)	10	49,990	1,673	0,33	16072,9
CLT	10	50,013	1,696	0,34	16079,600
CT+CHT	10	55,185	2,450	0,44	17743,5
CT	10	54,806	2,446	0,44	17621,6
CHT(UST)	10	0,3710	0,0170	0,46	119,19
CHT	10	0,379	0,004	0,11	121,900

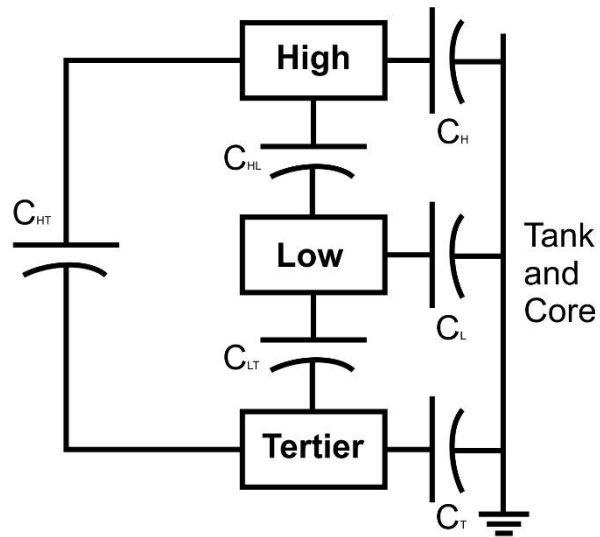
Keterangan tabel diatas pengukuran tangen delta:

- CH : *Capasitance high*
CHL : *Capasitance high low*
CL : *Capasitance low*
CT : *Capastiance Tersier*
CHT : *Capasitance High Tersier*
CLT : *Capasitance high tersier*

Dalam pengukuran rangkaian tangen delta ada beberapa macam pengukuran tangen delta yaitu:

- UST : *Ungrounded Specimen Test* (Uji tidak diketanahkan)
- GST : *Grounded Speciment Test* (Uji diketanahkan)
- GSTg : *Grounded Specimen test with guard* (Uji terhadap guard)

rangkaian penyambungan tangen delta:



Gambar 3. Rangkaian tangen delta (Hargi. 2017)

Perhitungan tangen delta bisa menggunakan rumus seperti ini:

Rumus :

$$S = \frac{V^2}{Z} \quad (2)$$

$$Z = \frac{V^2}{S} \quad (3)$$

$$Xc = \frac{V^2}{Q} \quad (4)$$

Dimana untuk mencari Xc:

$$Xc = \frac{1}{\omega C} \quad (5)$$

Jadi, rumus Xc yang didapat sebagai berikut:

$$Q = \frac{V^2}{Xc} \quad (6)$$

$$Q = \frac{V^2}{\frac{1}{\omega C}} \quad (7)$$

$$Q = V^2 \omega C \quad (8)$$

Jadi rumus tan delta sebagai berikut:

$$\tan \delta = \frac{P}{Q} \quad (9)$$

Keterangan:

δ : Delta
P : Daya (Watt)
V : Tegangan (Volt)
C : *Capasitance* (F)
 ω : $2\pi f$

Dari hasil pengujian pada tabel 3. maka perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

Perhitungan CH+CHL :

Diket :

P : 1,135 Watt
V : 10 kV = 10.000 Volt
 ω : $2\pi f$
C : 11024,7 pF = $11024,7 \times 10^{-12}$ F

$$\tan \delta = \frac{1,135}{10.000^2 \times 2.3,14 \times 50 \times 11024,7 \times 10^{-12}} \times 100$$
$$= 0,33\%$$

Jadi hasil dari pengujian tan delta pada metode CH+CHL masih keadaan bagus dengan nilai 0,33% atau dibawah 0,5%.

Dari hasil perhitungan diatas didapat tan delta masih bagus. Standar pengujian tan delta:

Tabel 4. Standar Pengujian Tan Delta

Hasil Uji	Kondisi
$\leq 0,5\%$	Bagus
0,5% - 0,7%	Mengalami penurunan
$\geq 1,0\%$	Jelek

3. Pengujian minyak

Pengujian minyak di trafo Wonogiri menggunakan test BDV (*Break Down Voltage*) dengan prinsip setiap test sebanyak 6 kali. ketika tegangan naik akan ada suara, break down tunggu beberapa detik, lalu dijalan kan lagi dan seterusnya sampai 6 kali test.

Pengujian Minyak pada Trafo Wonogiri :

Tabel 4. Hasil Pengujian Minyak Trafo IEC 60156

Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Avg
86,4kV	92,1kV	52,8kV	24,1kV	27,6kV	54,3kV	56,2kV

Standar pengujian minyak tegangan tembus IEC 60156:

Tabel 5. Standar tegangan tembus minyak

Tegangan	Bagus	Cukup	Buruk
500 kV	>60kV	50-60kV	<50kV
150 kV	>50kV	40-50kV	<40kV
70 kV	>40kV	30-40kV	<30kV

Pada pengujian tegangan tembus melalui pengujian BDV (*Break Down Voltage*). Hasil dari test 1 sampai test 6 dengan rata-rata 56,2kV. Dengan hasil ini minyak yang ada pada trafo masih baik, Apabila minyak pada trafo jelek maka harus di saring terlebih dahulu dengan cara dipanaskan di suhu 60° - 70° C dengan menggunakan pasir kuasar.

Pengujian minyak OLTC (*On Load Tap Changer*) pada Trafo 2 Wonogiri :

Tabel 6. Hasil Pengujian minyak OLTC

Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Avg
45,7kV	48,6kV	32,2kV	34,2kV	38,9kV	39,1kV	39,8kV

Standar pengujian minyak OLTC (*On Load Tap Changer*) :

Tabel 7. Standar minyak OLTC (Persero, PT PLN. 2006)

Bagus	Cukup	Buruk
>40kV	40kV	<40kV

Pada pengujian minyak OLTC (*On Load Tap Changer*) trafo melalui pengujian BDV (*Break Down Voltage*). Hasil dari test 1 sampai test 6 dengan rata-rata 39,8kV. Dengan hasil ini minyak OLTC sudah keadaan tidak layak, Maka harus diganti minyak OLTC tersebut. Ciri-ciri minyak sudah tidak layak apabila minyak berwarna coklat, dan apabila masih layak atau baru minyak berwarna kuning bening.

3.3 Nameplate transformator tenaga gardu induk wonogiri

Company	PL TJBT	Serial Number	PTD 1662/09
Location	GI Wonogiri	Special ID	Trafo 2
Division	BC Surakarta	Circuit Designation	Bay Trafo 2
Manufacturer	GECA	Configuration	Y-Y-D
Yr.Manufactured	1996	Tank Type	SEALED-CONSER
Mfr.Location	England	Class	ONAN/ONAF
Winding Config.(H-L)	Wye-Wye	Coolant	IOL
Winding Config.(H-T)	Wye-Delta	Oil Volume	10.1 TN
Winding Config.(L-T)	Wye-Delta	Weight	96.7 TN
Phase	3	BIL	650 kV
kV	150,20,	VA Rating	60, 60, , MVA

4.PENUTUP

Hasil penilitan tahanan isolasi yang telah dilakukan di Gardu Induk Wonogiri dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Trafo tenaga di gardu induk wonogiri masih keadaan bagus dan masih layak digunakan.
2. Hasil indeks polarisasi masih bagus diatas 1,1-2,5.
3. Hasil tan delta untuk trafo tenaga masih bagus dibawah 0,5%.
4. Hasil pengujian minyak trafo dengan rata-rata 56,2 kV masih keadaan bagus, Sedangkan minyak pada OLTC dengan rata-rata 39,8 sudah dianggap tidak layak dan perlu adanya pergantian minyak OLTC.
5. Minyak trafo jika minyak sudah keadaan jelek harus disaring terlebih dahulu. Dan minyak OLTC apabila sudah jelek maka harus diganti.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam penelitian tugas akhir sebagai berikut :

1. Terima kasih kepada Allah SWT yang telah mengabulkan doa saya.

2. Terima kasih kepada orang tua saya, Almarhum Bapak tercinta yang sudah menjaga dan merawat menjadi dewasa. Dan Ibu tercinta yang selalu memberikan doa kepada saya agar menjadi orang yang sukses didunia dan diakhirat.
3. Terima kasih kepada keluarga yang selalu memberikan dukungan dan selalu mengingatkan selalu kepada saya untuk semangat bersekolah.
4. Terima kasih kepada Bapak dan Ibu dosen teknik elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang sudah memberikan bekal ilmu untuk kedepannya.
5. Terima kasih juga kepada teman-teman saya selama masih SD,SMP,SMA dan kuliah.
6. Terima kasih kepada KMTE ROBOT *RESEARCH* sudah memberikan ilmu tentang elektronika.
7. Terima kasih kepada Saleh Syahmi sudah memberikan informasi yang bermanfaat.
8. Terima kasih kepada teh Sarah, Jani.
9. Teman-teman untuk angkatan 2014 semoga semua menjadi orang yang sukses.
10. Terima kasih kepada Bapak Eka Purwanta selaku *supervisor* GI Wonogiri sudah menjadi guru selama saya kp dan membimbing saya selama penelitian.
11. Serta pihak lain mohon maaf sebesar-besarnya jika saya tidak bisa menyebutkan satu per satu semua yang telah memberikan dukungan, bantuan dan doa untuk MSA.

DAFTAR PUSTAKA

- Hargi (2017). *Presentasi Pengujian Trafo*. Yogyakarta: Basecamp Yogyakarta.
- Persero, PT PLN. (2006). *Buku Pelatihan o&m Transformator Tenaga*, Semarang
- Badaruddin dkk. (2017). *Analysis On The Quality Of Three-Phase Transformer Oil*. International Research Journal of Computer Science (IRJS), Vol 4.
- N. Anthony, Richard and Manish S.Potdar. (2017). *Isolation Transformer & its Application in Medical Instruments*. International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS), Vol 3.
- Fatra, Deni. (2014). *Studi Penggunaan Rele Defferensial Sebagai Proteksi Transformator Daya di Gardu Induk Bukit Siguntang Tragi Boombaru UPT Palembang PT.PLN (Persero)*. Tugas Akhir, Politeknik Negeri Sriwijaya,Palembang
- Seth, Swinder Parkash. (1981). *A Course in Electrical Engineering Material*. Dhanpat Rai&Sons. New Delhi.